引用格式：邓建军, 刘安蓉, 曹晓阳, 等. 颠覆性技术早期识别方法框架研究——基于科学端的视角. 中国科学院院刊, 2022, 37(5): 674-684.
Deng J J, Liu A R, Cao X Y, et al. Methodological framework of identifying disruptive technologies on emerging stage: Based on science. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(5): 674-684. (in Chinese)

颠覆性技术早期识别方法框架研究

——基于科学端的视角

邓建军[1]　刘安蓉[2*]　曹晓阳[2]　张　科[3]　白光祖[4]
陈　悦[5]　高智杰[6]　戴海闻[7]　王伟楠[8]

1 中国工程物理研究院流体物理研究所　绵阳　621900
2 中国工程科技创新战略研究院　北京　100088
3 中国工程物理研究院　绵阳　621900
4 中国科学院西北生态环境资源研究院　兰州　730000
5 大连理工大学　科学学与科技管理研究所/WISE实验室　大连　116085
6 北京理工大学　中国工程科技前沿交叉战略研究中心　北京　100081
7 广东工业大学　创新理论与创新管理研究中心　广州　510520
8 北京工业大学　经济与管理学院　北京　100022

摘要　当前，我国高水平科技自立自强亟待颠覆性技术开新局、走新途。布局发展颠覆性技术是一项战略性的复杂系统工程，而颠覆性技术的识别是关键和前提。文章基于颠覆性技术变轨跃迁、由边缘力量到未来主流“10→3→1”收敛的底层逻辑，针对科技驱动的来源方式提出“发现—遴选—评价”的识别思路，开发出一套从科学端出发的颠覆性技术识别方法框架，以期为颠覆性技术的早期识别提供参考。

关键词　颠覆性技术，技术识别，方法框架，早期，科学端

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20211205004

当前，新一轮颠覆性技术浪潮正在重塑世界格局成为时代的焦点。中美关系遭遇困境，美国加速对我国实行科技“脱钩”、产业“断链”，我国高水平科技自立自强对创新提出了更高要求。颠覆性技术作为最具影响力的创新技术，能另辟蹊径开新局、走新途，是争夺下一康波周期主导权的战略抓手，为此我

*通信作者
资助项目：中国工程院咨询研究项目（2019-XZ-40、2019-ZD-27），中国科学院青年创新促进会会员项目（2018464）
修改稿收到日期：2022年5月1日

国正在构建颠覆性技术创新体系。布局发展颠覆性技术是一项战略性的复杂系统工程，颠覆性技术的识别是关键和前提。由于颠覆性技术具有长期潜藏和高度的不确定性，使得颠覆性技术的早期识别一直是个难点。本文针对颠覆性技术科技驱动的来源方式，从科学端出发提出一套识别颠覆性技术的方法框架，对于准确把握未来科技发展，规避技术突袭风险，塑造未来产业优势，具有重要意义。

1 颠覆性技术的基本认识

“颠覆性技术”（disruptive technology）于1995年由克莱顿·克里斯坦森（Clayton M. Christensen）首次提出，被定义为以意想不到的方式取代现有主流技术的技术[1]。颠覆性技术概念随着在军事、商业、产业、科技领域的广泛应用而得到不断扩展；除学界以外，智库、政府等也基于用户或国家需求特点提出了不同的概念理解，但尚未形成统一的定义[2]。深入其本质：① 颠覆性技术产生于延续性技术非延长线上的新起点，由技术的变轨跃迁生成，是非连续性的新技术或新应用[3]；② 颠覆性技术由现有格局的边缘切入，通过新、旧技术的竞争成为未来主流；③ 颠覆性技术最终实现主流替代产生格局重塑的效果。因此，本文认为，颠覆性技术是一类对某个应用领域产生颠覆性效果实现主流替代的变轨技术[4]。从效果—起源—过程来看，有以下基本认识。

1.1 颠覆性效果的三大特征

颠覆性技术产生的颠覆性效果主要呈现3个方面特征。① *归零效应*。颠覆性技术取代现有主流技术，原有主导产业的技术、规则、资产等在相同功能上失去使用价值，不能再继续作为主要的技术方法或工具得到市场或社会的采用[5]。② *重塑格局*。颠覆性技术取代现有主流技术的结果是战略性、全局性、体系性的变革，改变现有的体系结构和秩序，使经济社会发展范式在宏观图景上发生本质的变化。③ *未来主流*。颠覆性技术首先破坏了现有技术的价值体系；但与此同时，也从边缘力量出发，通过与现有主流技术的竞争博弈，逐步替代并可能催生新的未来主流的技术价值体系[6]。

1.2 变轨跃迁的主要来源

颠覆性技术变轨跃迁的新起点主要有3个产生途径。① *科技驱动*。颠覆性技术可能来源于全新的科学原理，也可能来源于多项技术交叉融合产生的新技术[7]。这是基于技术属性的一种来源。② *应用牵引*。科学技术跨学科、跨领域或非常规的应用，或一个领域的成熟技术与新应用领域的技术融合能够形成颠覆性技术[8]。③ *创新思维*。即以颠覆性思路解决问题催生颠覆性技术。主要基于非常规途径，对未来场景突破性的设想或解决问题的突破性思路，形成“先开发、再研究”的创新模式①，由此区别于由科学发现—技术发明—产品创造的常规途径催生颠覆性技术。其中，来源②和③主要是基于需求产生的，来源②侧重于应用领域的需求创造（发散的、不连续的），来源③侧重于可预期需求的实现（聚焦的、定制的）。

1.3 由边缘力量到未来主流的演化路径

颠覆性技术作为一类技术的统称，技术为其内在的自然属性，以技术体系的方式呈现；其生成与发展受技术体系的矛盾运动规制[9]。颠覆性技术在演化形态上大致经历“单一、离散—连续、无序—有序、递归”的变化，呈现由萌生、丛生到递归的发展阶段②。不同阶段技术体系表现出不同的矛盾运动特点。① *技术萌生期*。通过“科技突破”“应用牵

① “先开发再研究”模式是从产品到技术的逆向思维过程，基于未来应用需求的产品开发，提出颠覆性解决问题的思路，驱动技术的研究，在完成项目的同时产生全新的技术。
② 中国工程院咨询项目“颠覆性技术发展路径研究”（2017-XZ-42）结题报告。

引”“创新思维”等新技术的产生途径找到下一个轨道的新起点，新的原理突破对应原理功能的根技术萌芽；根技术形态比较单一，技术结构呈现离散、不连续状态，功能简单，以自组织的技术发育与技术选择为主，与应用领域未形成直接交互。② 技术丛生期。根技术与其他技术之间植入、融合、裂变的选择和协同等作用下开始分叉，形成多个分支技术（技术前沿）；分支技术与应用领域产生交互，技术选择与市场选择的试错迭代作用逐步突显，技术功能增加，技术结构趋于复杂、连续。③ 技术递归期。大量分支技术经过创新的竞争和适配，开始收敛形成较为明确的技术轨道，主导型技术出现；技术本身开始融合，技术复杂度增加，技术形态趋于简单，技术趋于成熟推动大规模的应用扩散，形成产业的锁定[10-12]。

颠覆性技术的动态演化轨迹表明，颠覆性技术由边缘力量成为未来主流是一个由无序到有序、发散到收敛、适配与竞争的动态演化过程，包含科学的发现、技术的发明、产品的创造；而每一个阶段都是一个不断探索和尝试、学习和试错、发散和收敛的循环。技术萌生期是下一个轨道新起点（找“0”）产生根技术的过程。技术丛生期是根技术产生技术分叉的重要阶段，技术分叉形成众多技术前沿（可以理解为“10”）——每一条技术分支代表一个前沿发展的方向，提供不同的解决思路；通过不断分化、交叉、融合，迭代收敛进化为成熟度更高的潜在技术点（可以理解为“3”）。技术递归期是潜在技术点在创新选择的作用下收敛形成主导技术，经过新、旧产业的竞争实现主流替代（产生“1”）的过程。因此，颠覆性技术以不同来源途径涌现根技术为基础，从根技术的分叉生成众多科学技术前沿，并转向技术创新的试错、优选，进而收敛聚焦到一个具体的主导技术，这个过程可以形象表达为“10→3→1”[③]收敛（图 1）。

2 国内外识别方法简述

政府机构、智库、学者的站位不同，对颠覆性技术识别方法的定位与目标有所不同。政府机构侧重于针对处于早期萌芽或前沿探索阶段的重大颠覆性技术进行主动识别，重点关注方法框架，强调不同功能的方法组合，以及流程机制的组织便利性、可行性。智库侧重于以影响力对技术商业化的引导，对技术的识别主要处于产业形成阶段，强调方法的专业、简洁、实用。学者从不同技术路线研究适用于不同阶段的识别方法，强调方法的理论基础与探索性。

政府机构以技术预见为主，基于国家定位与立场，以国家中长期需求为导向，聚焦于宏观层面开展颠覆性技术的识别活动[13]。美国国防部高级研究计划局（DARPA）面向未来需求的识别，以德尔菲调查、头脑风暴等定性方法为主，沿着问题—需求—思路—项目的思路主线，搜索评估好问题、好思想、好团队[14]，开展相关技术的仿真和实验，快速试错。美国国家研究理事会（NRC）提出一种“理想的颠覆性技术持续预测系统”的概念模型；该模型采用技术定义、数据扫描与处理、公众参与、专家评估等方法组合，以提高预测的准确性和实用性[15]。俄罗斯先期研究基金会、日本革命性研究开发推进项目（ImPACT）则主要以专家评估方法及流程机制设计来识别颠覆性

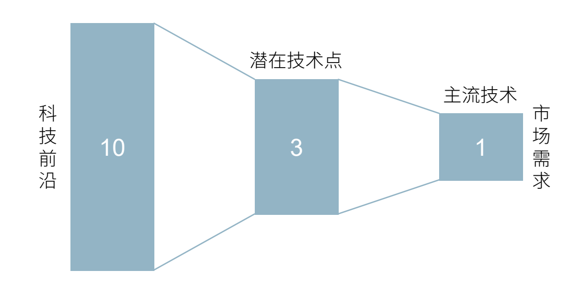


图 1 颠覆性技术动态演化“10 → 3 → 1”收敛过程示意
Figure 1 “10→3→1” constringency process model of dynamic evolution of disruptive technologies

③ “10”是对众多技术前沿的现象表征，即数量多；“3”是对技术逐步收敛现象的表征，即数量减少并聚焦到少数潜在技术点；“1”是对形成一个主流技术现象的表征。

技术[16]。我国科学技术部在2015年开展“第五次国家技术预测”中首次加入了颠覆性技术预测和评价相关工作，在确定颠覆性技术定义与遴选原则基础上，以专家访谈方式由专家自主推荐产生④。中国科学院颠覆性技术创新研究组应用多指标分析法和文献计量法提出一套量化多指标体系的颠覆性技术识别方法——通过技术颠覆性潜力判断，对近年来发布的颠覆性技术清单与前沿技术清单进行遴选和评估[17]。中国工程院在“引发产业变革的重大颠覆性技术预测研究”咨询活动中采用“需求分析—备选技术清单—指标评价—专家论证”方法框架，以“技术-产品-市场-产业”为要素构建颠覆性技术评价指标体系，组合应用了文献计量、德尔菲调查、情景分析、技术路线图等方法[18]。

智库基于用户立场与需求发布相关预测报告，用于指导相关行业发展。影响较大的智库，如新美国安全中心、麦肯锡公司、美国麻省理工学院（MIT）等，多采用定性方法进行颠覆性技术的预测、识别，包括问卷调查法、头脑风暴法、情景分析法、成熟度评估法、技术路线图法等。这些定性方法主要依赖于专家意见，并结合模型工具或模拟手段进行分析[19]。

学者主要以颠覆性技术低端切入、新旧技术供需竞争、技术性能与市场环境等理论为基础，利用既有识别预见方法、工具提出不同的技术路线。技术路线主要包括：① 基于技术演化的方法，如技术生命周期、发明问题解决理论（TRIZ）等定性分析，以及巴斯扩散模型、数据包络分析法等定量模式。从产品或市场的视角，利用演化特征、结构化评价指标、量化模型等工具，设计定性或定量的方法模型；这类方法侧重于识别处于产业形成快速成长的颠覆性技术。② 基于未来情景假设的方法。利用文字、图形描绘技术发展和变化，识别和预估技术未来发展场景；这类方法偏重依靠历史信息为基础，主观定性推断，有利于在技术发展早期对潜在颠覆性技术展开筛选与评判，但对颠覆性的发展轨迹不易预测。③ 以科学计量为主体的定量分析方法。基于技术视角通过聚类分析、知识图谱、计量分析等手段，可视化反映技术发展热点及趋势，从专利数据中获取技术特征、演化趋势等信息，为颠覆性技术的预测识别提供事实依据和数据支撑；该类方法适用于技术发展到一定阶段后的事后研判与未来趋势的判断分析[20-24]。

上述识别方法通过实证分析与实践迭代取得了一定效果，为本研究提供了很好的参考借鉴。由于颠覆性技术不在现有主流技术的延长线上，由边缘到主流的过程是适配竞争的结果，具有高度的不确定性，其变革性特征很难固化和量化。因此，用一套评估指标体系来选出颠覆性技术存在局限性；需要更大尺度考量颠覆性技术不同于现有主流的特点，对理念进行突破，对方法进行创新。

3 颠覆性技术识别的方法框架

颠覆性技术的准确识别非常困难，更多的是对某项技术成为颠覆性技术的潜在可能性进行识别，这本身就是一种价值判断，带有极强的组织立场。本文立足中国工程院的定位和科学家群体的特长，从宏观、系统的角度重点关注方法框架的构建，通过对不同功能、不同性质的方法与流程加以组装、调配、改造，具体方法的开发取决于应用场景，以期在合理资源禀赋和工作定位下，最大限度逼近对颠覆性技术的识别。

3.1 基本思路

颠覆性技术由边缘力量到未来主流的“10→3→1”收敛表明，颠覆性技术是逐步遴选收敛出来的。颠覆性技术的识别以发现和研判潜在技术点

④ 袁立科. 国家技术预测：理论、方法及实践. 南京：第一届全国技术预见方法与实践研讨会, 2019.

为目标，为下一步创新选择提供输入，需体现如何发现未来技术的潜在种子，以及如何遴选收敛；其设计思想由“发现（discovery）—遴选（select）—评价（evaluation）”（DSE）构成。考虑到从需求端出发的识别过程比较复杂，本文主要面向科学前沿来源入手，基本思路体现为“发现潜在种子—遴选‘10→3’—评价基本面—衔接序洽”。

（1）发现潜在种子。颠覆性技术的变轨跃迁意味着用颠覆性技术的非连续性特征，从区别于现有主流技术的非延长线上去找根技术产生的众多技术前沿，广泛搜索、收集和凝练潜在种子，形成潜在的种子库。

（2）遴选“10→3”。颠覆性技术由边缘力量到未来主流是一个“10→3→1”收敛的过程。“10→3”形象表达了大量技术前沿被遴选为潜在技术点的收敛过程；这个过程以科学家群体为主（图2）。“3→1”则是潜在技术点通过技术创新的竞争和适配被发展成为主流技术的优选过程；这个过程是由企业家将潜在颠覆性技术与实际应用结合，跨越“死亡之谷”“达尔文海”，不断适配、选择和淘汰，从而优选和聚焦到一个具体的主导技术[25]。深入到这个结构与过程中，可以看到颠覆性技术可预见的点贯穿于科学发现—技术发明—产品创造的创新全链条，这就需要进行合理的定位。基于国家立场及中国工程院定位，颠覆性技术的识别侧重于关注创新链中的科学—技术一段，定位在“10→3”上发力，即：对科学技术前沿的潜在种子进行识别，找出下一阶段可能引领未来根本性转变的技术点，从而使技术预见的目标由发散转向收敛，将其从潜在研究推向大众视野，引发社会关注。而“3→1”一段属于技术创新，对其识别则主要交给市场来做。

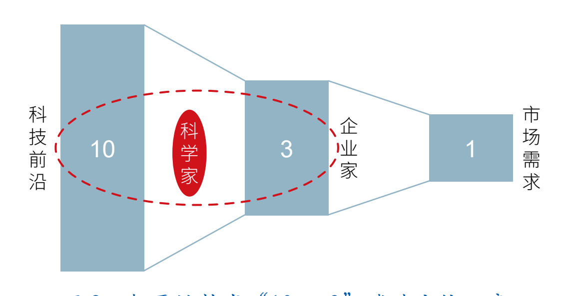


图2 颠覆性技术“10→3”遴选定位示意
Figure 2 “10 → 3” selection of disruptive technologies

（3）评价基本面。由于颠覆性技术是在创新的过程中收敛出来的，没有一个固定不变的特征体系可以涵盖。因此，本文不采用指标体系，而是对其所覆盖的科学发现—技术发明—产品开发链条进行情报大数据和科学知识图谱分析，客观呈现基本状态，供专家评价参考。

（4）衔接序洽。识别是为了从科学技术前沿到技术创新的过程中找出更为聚焦的技术方向。这个过程不是孤立的断点，而是有机嵌于整个科技创新的系统中；不仅要产生好的技术，更为重要的是要产生推动技术创新的好思想。“预见未来最好的方法，就是塑造未来”[26]。因此，从机制上构建一个流程，在开展识别一系列活动的同时，将识别活动中汇聚的好思想、形成的评价报告与参与活动的科学家、工程师、企业家、投资家、政府官员等进行关联，以有利于更大程度促进了解未来颠覆性技术，从而为推动潜在颠覆性技术在科学发现—技术发明—产品创造等环节之间更为丰富地互动、碰撞、选择，创造衔接序洽的条件。

3.2 方法框架

基于以上思考，提出面向科学端的颠覆性技术识别方法基本框架，即“数据扫描，凝练种子”“头脑风暴，聚焦技术”“科学计量，评估评价”，依托专家团队，结合情报大数据分析，聚焦重大颠覆性技术（图3）。

（1）“数据扫描，凝练种子”。从科技前沿等途径搜索、征集颠覆性的思想（潜在种子），结合多源数据融合计算的情报大数据手段（跟踪顶刊、顶会、领域排名前10位机构动态等）滚动收集当年的科技前沿方向，以基于大数据的专家思想碰撞的方

式，定性与定量结合，凝练出潜在种子，形成种子库（图 4）。该模块分别组建红军、蓝军并行专家思想与多源数据 2 条路径。① 红军：以领域专家团队为主体，通过高端访谈、思想征集、跨领域头脑风暴等方式，挖掘潜藏在院士专家特别是一线和前沿专家头脑中的颠覆性、创新性和前沿性的技术方向，找出在相关领域可能的颠覆性应用；然后，通过思想碰撞，汇聚形成颠覆性的思路或潜在种子。② 蓝军：以专业情报机构与学术平台为主体，主要利用科学计量、情报大数据方法等手段，通过多源数据融合计算的情报大数据手段，以及来自民间的极客竞赛、高端访谈思想征集等方式，搜索、征集潜在种子，以校验或辅助专家组的分析[27]。

（2）“头脑风暴，聚焦技术”。围绕收集的潜在种子，组织科学家、技术专家、管理专家、企业家等开展头脑风暴，碰撞潜在种子的性能提升效果、相关领域可能的颠覆性应用，以及潜在种子跨领域颠覆性应用的思路（图 5）。头脑风暴采用规范的流程，设计开放式结构，并建立多种类型的讨论平台，引入企业、投行、学术、政府等多元主体参与，逐级提升研讨的层次，多轮深化研讨的主题[28]。通过多种形式的沙龙研讨，各类专家的参与碰撞，多轮思想火花的迭代，对颠覆性潜在种子进行甄选、收敛、会聚并聚焦出潜在的颠覆性技术点，同步产生好思想、好问题。

（3）“科学计量，评估评价”。针对聚焦出的潜在技术点，应用情报大数据、科学知识图谱等定量方法，结合专家的判断，对相关技术方向的技术结构及发展趋势、产业结构及发展态势深入分析，提供发展影响和未来态势的客观信息，给出结构化的评价意见，形成颠覆性技术方案（图 6）。该方案既为专

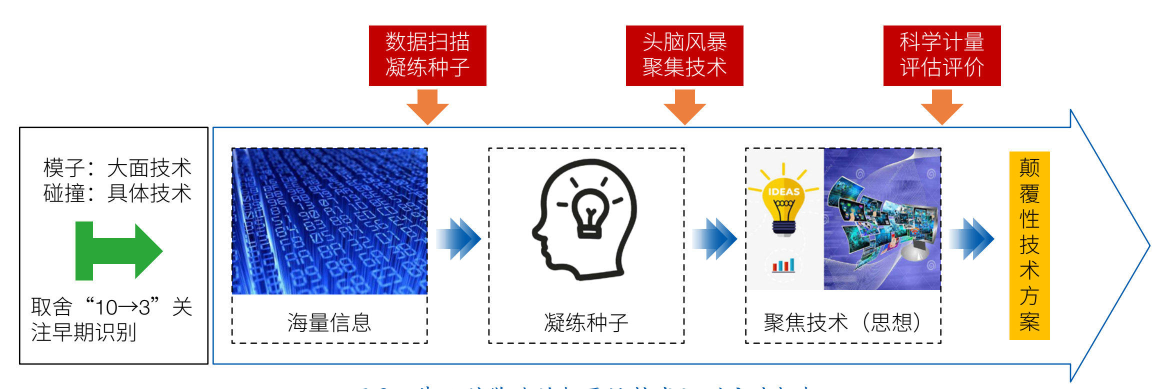


图 3　基于科学端的颠覆性技术识别方法框架

Figure 3　Method framework of disruptive technologies identification based on science

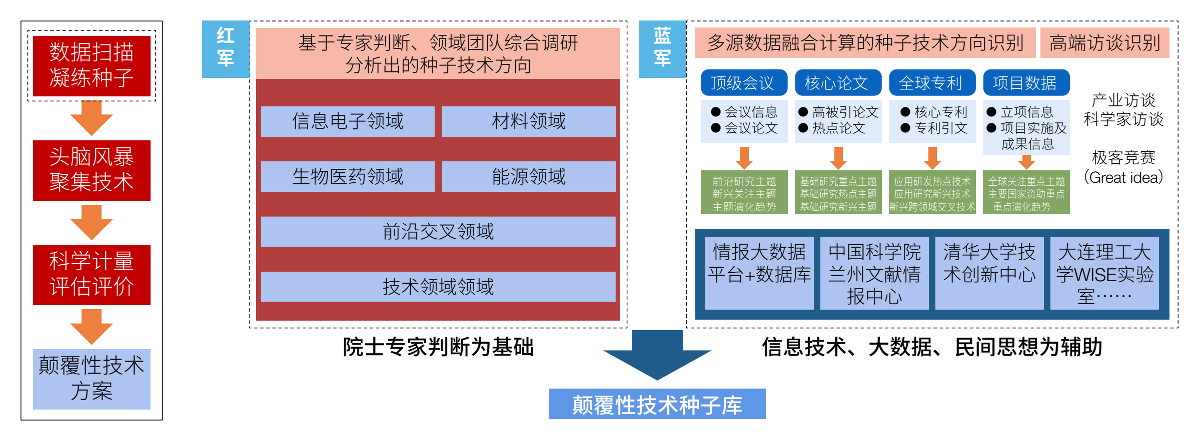


图 4　“数据扫描、凝练种子”方法示意

Figure 4　Method framework of “data scanning and seed refining”

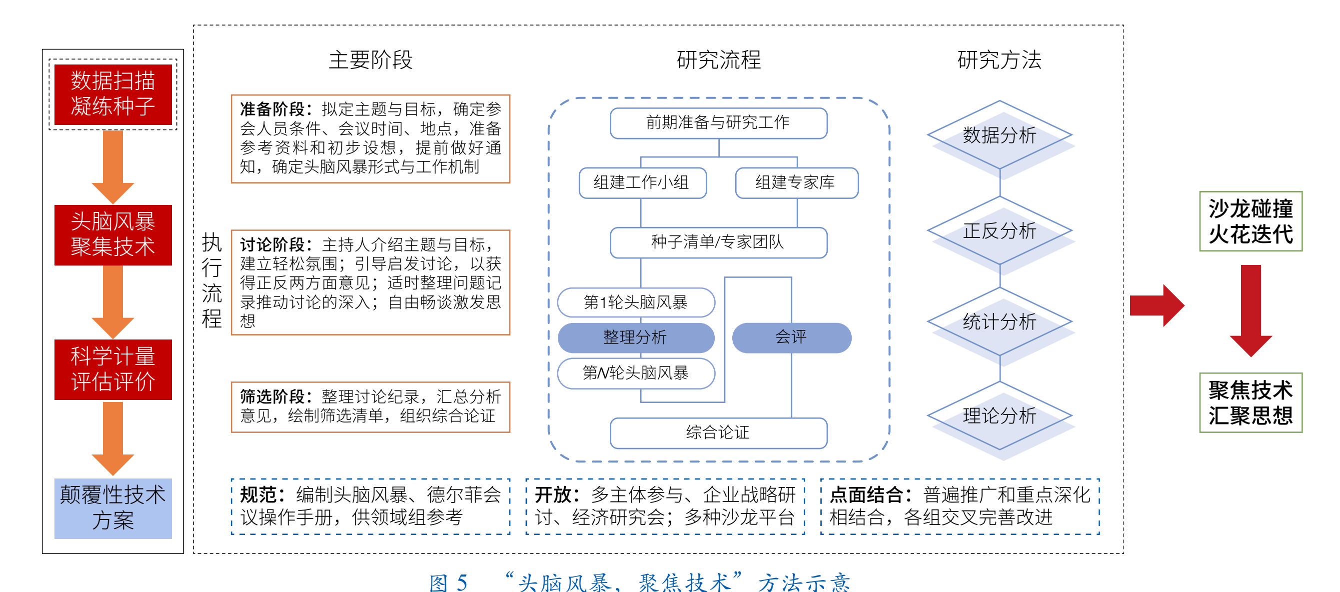


图 5 “头脑风暴，聚焦技术”方法示意

Figure 5 Method framework of “brainstorming and focusing technology”

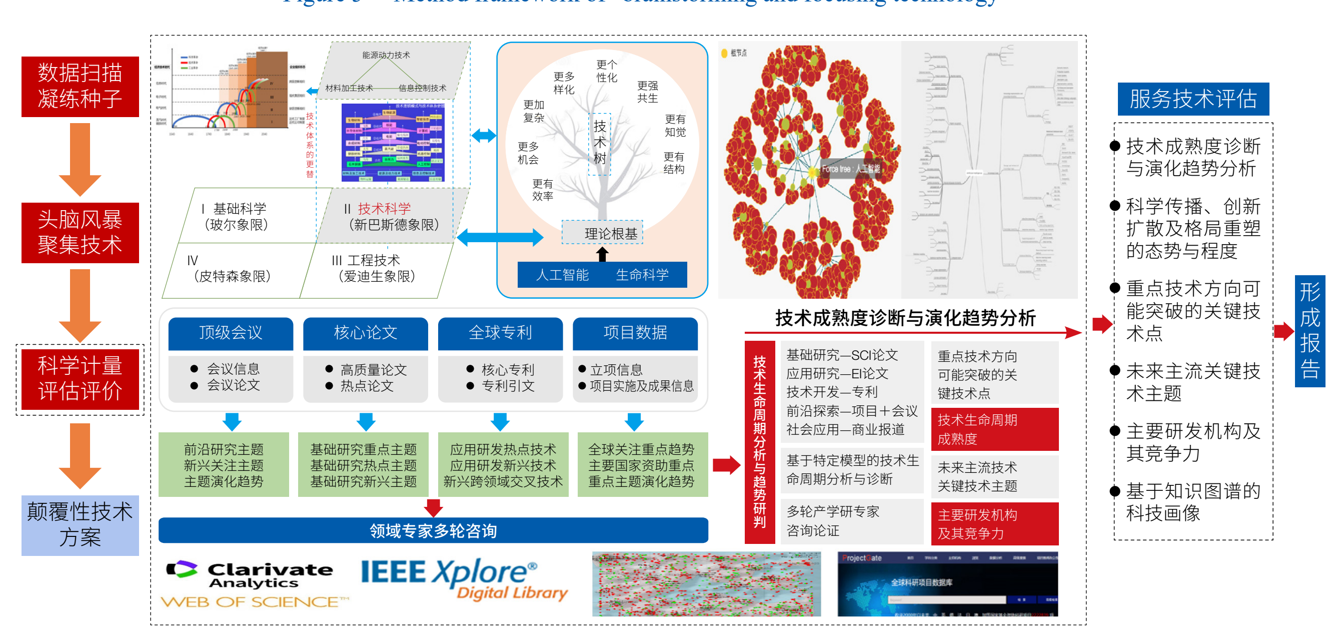


图 6 “科学计量、评估评价”方法示意

Figure 6 Method framework of “scientometrics and evaluation”

家进一步深化技术方向判断提供辅助和参考，也为企业开展创新识别和社会公众关注提供数据信息，对于衔接序洽后续的创新发展起到很好的支撑作用。评价要点包括：技术成熟度诊断与演化趋势分析，科学传播、技术创新及格局重塑态势，重点技术方向可能突破的关键技术点，未来关键技术主题，以及主要研发机构及其竞争力等。

4 实证应用：重大颠覆性技术遴选应用试点

本文以中国工程院咨询研究项目“工程科技颠覆性技术战略研究（二期）”前沿交叉领域重大颠覆性技术方向遴选为试点进行颠覆性技术识别方法框架的实证研究。实证研究从科技前沿和多学科交叉融合的视角，通过密切跟踪信息电子、能源、材料、生物等

领域前沿科技发展态势，以国家战略高度、颠覆性技术3个效果特征，以及技术方向前沿交叉引发变轨跃迁的非连续性作为判断标准，以专家为主体的思想碰撞与文献情报大数据分析相结合，聚焦国内外科技创新的前沿热点，研判多学科前沿交叉融合的热点领域，围绕“10→3”开展了多轮迭代并遴选出潜在技术点，初步验证了颠覆性技术识别方法框架的可行（图7）。

第1阶段：“数据扫描、凝练种子”。红军以青年学者为主，提报潜在种子方向，提出含能材料4D打印技术、电磁轨道发射技术、蓝色能源技术、高密度储氢材料技术、新型超高比能储能技术、太赫兹技术、边缘计算技术、高性能区块链系统技术、环境及肠道修复技术、器官芯片技术、定制毁伤技术等11个初选方向。蓝军以多源情报大数据机构为主要力量，从文献计量与情报调研获取到前沿交叉领域热点67个（略）。人机结合，红蓝并行，互为比对，形成初步的颠覆性潜在种子库。

第2阶段：“头脑风暴、聚焦技术”。在初选种子基础上进行多轮迭代，以青年学者—领域专家—院士专家为团队进阶主线，通过头脑风暴围绕技术的前沿交叉与颠覆性价值对技术方向进行遴选、组合、汇聚产生新的技术方向。本实证研究经过“11（67）[⑤]—9（4+5）[⑥]—7—2”的3轮迭代收敛过程，潜在种子逐步优选聚焦得到器官芯片技术、超灵敏生物量子传感技术2个潜在颠覆性技术方向。

第3阶段：“科学计量，评估评价”。对领域组颠覆性技术识别过程进行综合论证，评价潜在种子由发现到遴选过程的科学性，结合从技术变轨性、变革影响性、前沿交叉特点等方面评价聚焦的潜在技术点并形成颠覆性技术方案。

5 总结

本文基于颠覆性技术变轨跃迁的非连续性、“10→3→1”收敛的底层认识，探讨了颠覆性技术“发现—遴选—评价”（DSE）的识别思路，从科学端构建了“数据挖掘，凝练种子”“头脑风暴，聚焦技术”“科学计量，评估评价”的识别方法框架。该方法框架以广泛征集颠覆性技术的潜在种子，专家碰撞迭代会聚潜在技术点，科技计量评价潜在技术点的影响为主要思路，给出了可实践的操作流程和实证案例，具有一定的创新性。由于颠覆性技术从科学端的形成发展是科学—技术—产品跨尺度的收敛聚焦过程，如何扩展潜在种子库范围，提高技术发现与遴选效果，还需对识别方法框架深化研究。

（1）提升定性定量分析能力强化人机结合。①颠覆性技术创新体系是动态复杂的社会网络系统，要扩展数据来源，增加社会复杂网络分析；②优化头

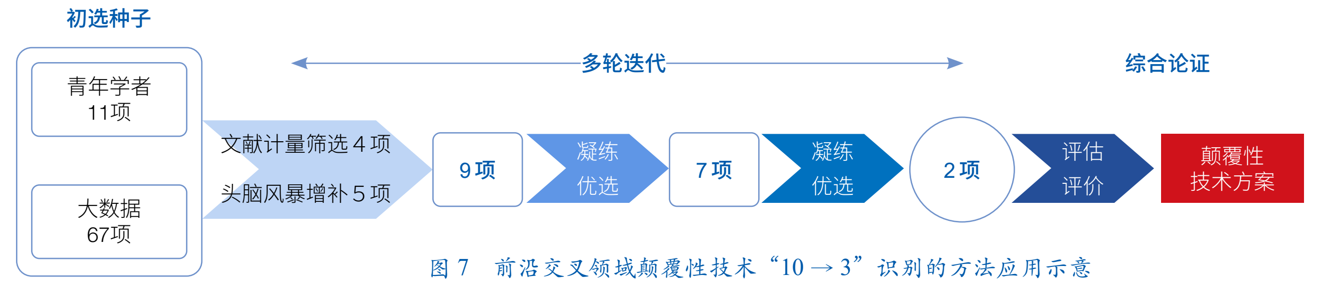


图7 前沿交叉领域颠覆性技术“10→3”识别的方法应用示意
Figure 7 Application of disruptive technology identification method in cutting edge technology fields

⑤ 第1阶段红军、蓝军各发现的种子数。其中，11为青年学者发现的前沿交叉种子数，67是情报大数据发现的种子数。

⑥ 第2阶段的3轮迭代。第1轮以青年学者为主，对初选种子应用文献计量与情报调研遴选4项，并结合头脑风暴增补5个技术方向，形成9（4+5）个方向。在此基础上，第2轮、第3轮再以领域专家、院士专家为主体，对技术方向进行凝练、会聚，逐步遴选出7、2个方向。这个过程反映了技术聚焦不仅是数量上的收敛，也表现在技术形态上的会聚融合。

脑风暴等定性方法，最大限度创造思想碰撞和跨领域交叉的交流空间。

（2）注重专家评判与科研试错相结合。颠覆性技术识别包含迭代试错的遴选过程，在专家评价基础上，还需结合一定程度的实验仿真和科研活动来试验潜在技术思想的可行性。因此，要探索专家评判和科研试错相结合的评价机制，提高颠覆性技术识别的可信性。

致谢 向中国科学院西北生态环境资源研究院文献情报中心吴新年团队、广东工业大学张光宇团队、清华大学陈劲团队，以及参与咨询项目的院士专家，表示诚挚谢意！

参考文献

1 Bower J L, Christensen C W. Disruptive technologies: Catching the wave. Harvard Business Review, 1995, 73(1): 45-53.

2 刘安蓉, 李莉, 曹晓阳, 等. 颠覆性技术概念的战略内涵及政策启示. 中国工程科学, 2018, 20(6): 7-13.
Liu A R, Li L, Cao X Y, et al. The strategic connotation and policy enlightenment of the concept of disruptive technology. Engineering Science, 2018, 20(6): 7-13. (in Chinese)

3 Andersen B. The evolution of technological trajectories 1890-1990. Structural Change and Economic Dynamics,1998, 9(1):5-34.

4 工程科技颠覆性技术战略研究项目组. 工程科技颠覆性技术发展展望2019. 北京: 科学出版社, 2020: 1-16.
The Strategic Research Project Group of Engineering S&T Disruptive Technology. Development Prospect of Engineering S&T Disruptive Technology 2019. Beijing: Science Press, 2020: 1-16. (in Chinese)

5 付玉秀, 张洪石. 突破性创新：概念界定与比较. 数量经济技术经济研究, 2004, 21(3): 73-83.
Fu Y X, Zhang H S, Breakthrough innovation: Concept definition and comparison. Research on Quantitative & Technica Economics, 2004, 21(3): 73-83. (in Chinese)

6 Adner R. When are technologies disruptive? A demand-based view of the emergence of competition. Strategic Management Journal, 2002, 23(8): 667-688.

7 荆象新, 锁兴文, 耿义峰. 颠覆性技术发展综述及若干启示. 国防科技, 2015, 36(3): 11-13.
Jing X X, Suo X W, Geng Y F. Review and revelation on disruptive technology development. National Defense Science & Technology, 2015, 36(3): 11-13. (in Chinese)

8 孙启贵, 邓欣, 徐飞. 破坏性创新的概念界定与模型构建. 科技管理研究, 2006, 26(8): 175-178.
Sun Q G, Deng X, Xu F. Concept definition and model construction of disruptive innovation. Science and Technology Management Research, 2006, 26(8): 175-178. (in Chinese)

9 刘则渊, 陈悦. 现代科学技术与发展导论. 大连: 大连理工大学出版社, 2011: 98-101.
Liu Z Y, Chen Y. Introduction to Modern Science and Technology and Development. Dalian: Dalian University of Technology Press. 2011: 98-101. (in Chinese)

10 Arthur W B. 技术的本质：技术是什么，它是如何进化的. 曹东溟. 王健, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2018: 185-211.
Arthur W B. The Nature of Technology: What It is and How It Evolves. Translated by Cao D M, Wang J. Hangzhou: Zhejiang People's Publishing House, 2018: 185-211. (in Chinese)

11 王坤, 王京安. 技术生态视角下的技术演化分析框架. 经营与管理, 2017, (5): 100-102.
Wang K, Wang J A. Analysis framework of technology evolution from the perspective of technology ecology. Management and Administration, 2017, (5): 100-102. (in Chinese)

12 Li M N, Porter A L, Suominen A. Insights into relationships between disruptive technology/innovation and emerging technology: A bibliometric perspective. Technological Forecasting and Social Change, 2018, 129: 285-296.

13 浦根祥, 孙中峰, 万劲波. 技术预见的定义及其与技术预测的关系. 科技导报, 2002, 20(7): 15-18.
Pu G X, Sun Z F, Wan J B. Definition of technology foresight and its relationship with technology forecast. Science & Technology Review, 2002, 20(7): 15-18. (in Chinese)

14 曹晓阳, 魏永静, 李莉, 等. DARPA的颠覆性技术创新及其启示. 中国工程科学, 2018, 20(6): 122-128.
Cao X Y, Wei Y J, Li L, et al. Enlightenment of disruptive

technological innovation of DARPA. Engineering Science, 2018, 20(6): 122-128. (in Chinese)

15 张晓林. 美国NRC颠覆性技术持续预测系统浅析. 中国工程科学, 2018, 20(6): 117-121.

Zhang X L. Analysis of US national research council's persistent forecasting system of disruptive technologies. Engineering Science, 2018, 20(6): 117-121. (in Chinese)

16 彭春燕. 日本设立颠覆性技术创新计划探索科技计划管理改革. 中国科技论坛, 2015, (4): 141-147.

Peng C Y. On implementation mechanism of Japan's im PACT program. Forum on Science and Technology in China, 2015(4): 141-147. (in Chinese)

17 中国科学院颠覆性技术创新研究组. 颠覆性技术创新研究——生命科学领域. 北京: 科学出版社, 2020: 6-35.

Research Group of Chinese Academy of Sciences on Disruptive Technology Innovation. Research on Disruptive Technology Innovation—Field of Life Science. Beijing: Science Press, 2020: 6-35. (in Chinese)

18 孙永福, 王礼恒, 孙棕檀, 等. 引发产业变革的颠覆性技术内涵与遴选研究. 中国工程科学, 2017, 19(5): 9-16.

Sun Y F, Wang L H, Sun Z T, et al. Connotation and selection of disruptive technologies that lead industrial change. Engineering Science, 2017, 19(5): 9-16. (in Chinese)

19 王安, 孙棕檀, 沈艳波, 等. 国外颠覆性技术识别方法浅析. 中国工程科学, 2017, 19(5): 79-84.

Wang A, Sun Z T, Shen Y B, et al. Analysis of disruptive technology identification methods in foreign countries. Engineering Science, 2017, 19(5): 79-84. (in Chinese)

20 苏鹏, 苏成, 潘云涛. 颠覆性技术识别方法发展现状及启示. 图书情报工作, 2019, 63(20): 129-138.

Su P, Su C, Pan Y T. Overview and considerations on disruptive technology identification method. Library and Information Service, 2019, 63(20): 129-138. (in Chinese)

21 张欣. 颠覆性技术识别方法述评. 图书情报工作, 2020, 64(17): 145-152.

Zhang X. Research review on disruptive technology identification method. Library and Information Service, 2020, 64(17): 145-152. (in Chinese)

22 王知津, 周鹏, 韩正彪. 基于情景分析法的技术预测研究. 图书情报知识, 2013, (5): 115-122.

Wang Z J, Zhou P, Han Z B. A study of the technological forecasting based on scenario analysis. Documentation, Information & Knowledge, 2013, (5): 115-122. (in Chinese)

23 黄鲁成, 蒋林杉, 吴菲菲. 萌芽期颠覆性技术识别研究. 科技进步与对策, 2019, 36(1) :10-17.

Huang L C, Jiang L S, Wu F F. The identification of disruptive technology on emerging stage. Science & Technology Progress and Policy, 2019, 36(1): 10-17. (in Chinese)

24 任海英, 于立婷, 王菲菲. 国内外技术预见研究现状分析——基于文献计量学视角. 科技管理研究, 2016, 36(14): 254-261.

Ren H Y, Yu L T, Wang F F. The analysis of technology foresight research in China and abroad—Based on bibliometrics. Science and Technology Management Research, 2016, 36(14): 254-261. (in Chinese)

25 张光宇, 谢卫红, 胡仁杰. 颠覆性创新：SNM视角. 北京: 科学出版社, 2016: 149-151.

Zhang G Y, Xie W H, Hu R J. Disruptive Innovation: SNM Perspective. Beijing: Science Press, 2016: 149-151. (in Chinese)

26 李万. 科技创新的不可预见性：预见和规划的重要理念基石. 创新科技, 2019, 19(2): 1-5.

Li W. The unpredictability of science, technology and innovation: Important theoretical basis of foresight and planning. Innovation Science and Technology, 2019, 19(2): 1-5. (in Chinese)

27 白光祖, 郑玉荣, 吴新年, 等. 基于文献知识关联的颠覆性技术预见方法研究与实证. 情报杂志, 2017, 36(9): 38-44.

Bai G Z, Zheng Y R, Wu X N, et al. Research and demonstration on forecasting method of disruptive technology based on literature knowledge correlation. Journal of Intelligence, 2017, 36(9): 38-44. (in Chinese)

28 张玉磊, 戴海闻, 许泽浩, 等. 颠覆性技术遴选的基本原则与运行流程研究. 科技管理研究, 2020, 40(13): 209-216.

Zhang Y L, Dai H W, Xu Z H, et al. Research on the basic principles and operation process of disruptive technology selection. Science and Technology Management Research, 2020, 40(13): 209-216. (in Chinese)

Methodological Framework of Identifying Disruptive Technologies on Emerging Stage: Based on Science

DENG Jianjun[1] LIU Anrong[2*] CAO Xiaoyang[2] ZHANG Ke[3]
BAI Guangzu[4] CHEN Yue[5] GAO Zhijie[6] DAI Haiwen[7] WANG Weinan[8]
(1 Institute of Fluid Physics, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China;
2 Chinese Academy of Engineering Innovation Strategy, Beijing 100088, China;
3 China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China;
4 Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;
5 Institute of Science of Science and S&T Management &WISE Lab, Dalian 116085, China;
6 Center for Strategic Research on Frontier and Interdisciplinary Engineering Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;
7 Research Center for Innovation Theory and Innovation Management, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510520, China;
8 School of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract To realize sci-tech self-reliance and self-strengthening at higher levels in China, it is imperative for disruptive technologies to embark on a new journey and open new horizons. The layout and development of disruptive technologies is a complicated and systematic project with strategic significance, in which the identification of disruptive technologies holds the key and serves as the premise. To this end, based on the underlying logic that disruptive technologies are destined to transit from marginalized forces to mainstream power in the future through the process of 10→3→1 constringency, on the understanding that the generation of disruptive technologies is driven by science and technology, the study puts forward the identifying approach of "identifying-selecting-evaluating", and develops a methodological framework for identifying disruptive technologies based on science with a view to providing reference for the early identification of disruptive technologies.

Keywords disruptive technology, technology identification, methodological framework, on emerging stage, based on science



邓建军 中国工程院院士。中国工程物理研究院流体物理研究所研究员。主要研究领域：脉冲功率技术、高功率加速器、Z箍缩物理与技术。E-mail: jjdeng@caep.cn

DENG Jianjun Ph.D., Academician of Chinese Academy of Engineering, Professor of Institute of Fluid Physics, China Academy of Engineering Physics (CAEP). His research focuses on pulsed power technology, high power accelerator, and Z-pinch physics and technology. E-mail: jjdeng@caep.cn



刘安蓉 中国工程科技创新战略研究院研究员。主要研究领域：颠覆性技术创新。E-mail:liuanrong01@caep.cn

LIU Anrong Professor in Chinese Academy of Engineering Innovation Strategy (CAEIS). Her main research focuses on the innovation of disruptive technology. E-mail: liuanrong01@caep.cn

■责任编辑：岳凌生

*Corresponding author